

CLIPPEDIMAGE= JP405161325A
PUB-NO: JP405161325A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05161325 A
TITLE: SYNCHRONOUS MOTOR WITH A REDUCED COGGING TORQUE
PUBN-DATE: June 25, 1993
INVENTOR-INFORMATION:
NAME
IWAMATSU, NOBORU
AIBA, HIDEAKI
INT-CL_(IPC): H02K021/14; H02K001/16 ; H02K001/27

US-CL-CURRENT: 310/162

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a synchronous motor having a new combination of the slot numbers and magnetic pole numbers, which is capable of significantly reducing the range of fluctuations of its cogging torques.

CONSTITUTION: A synchronous motor comprises a rotor 16 provided with eight permanent magnets 12 arranged radially with an output shaft 10 as its center, and the eight magnetic poles formed by the yokes 14 arranged between each of the permanent magnets 12; and a stator 20 having the 27 slots 18 which encircle the rotor 16. In other words, 3,375 slots face one magnetic pole in this motor. In each of the slots 18 of the stator 20, a coil 22 having one layer each on the upper and lower sides is housed. Then, on the inner circumference of the stator 20, the slot apertures 24 are formed at equal intervals to set the coil. When the rotor 16 is rotated, the cogging torque due to the slot apertures 24 are generated in all the magnetic poles at the shifted phases. Therefore, while the rotor turns around once, the cogging torque is generated 216 times.

COPYRIGHT: (C)1993, JPO&Japio

----- KWIC -----

CCXR:
310/162

FPAR:

CONSTITUTION: A synchronous motor comprises a rotor 16 provided with eight permanent magnets 12 arranged radially with an output shaft 10 as its center, and the eight magnetic poles formed by the yokes 14 arranged between each of the permanent magnets 12; and a stator 20 having the 27 slots 18 which encircle the rotor 16. In other words, 3,375 slots face one magnetic pole in this motor. In each of the slots 18 of the stator 20, a coil 22 having one layer each on the upper and lower sides is housed. Then, on the inner circumference of the stator 20, the slot apertures 24 are formed at equal intervals to set the coil. When the rotor 16 is rotated, the cogging torque due to the slot apertures 24 are generated in all the magnetic poles at the shifted phases. Therefore, while the rotor turns around once, the cogging torque is generated 216 times.

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-161325

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 21/14		M 6435-5H		
1/16		Z 7227-5H		
1/27	5 0 1 A	6435-5H		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-322069

(22)出願日 平成3年(1991)12月5日

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 岩松 登

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
ファナック株式会社商品開発研究所内

(72)発明者 相羽 英明

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
ファナック株式会社商品開発研究所内

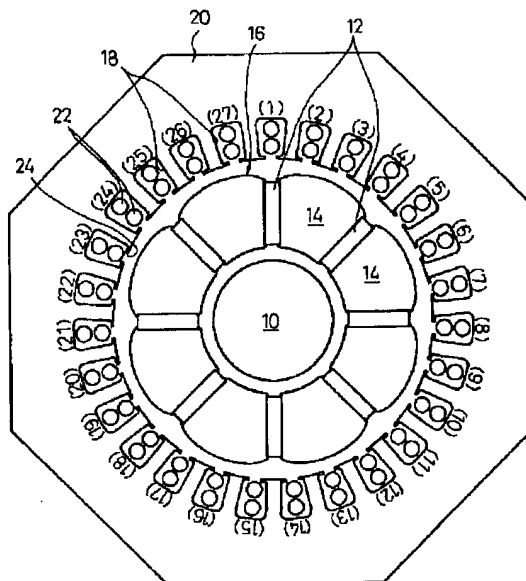
(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

(54)【発明の名称】 コギングトルクを低減した同期電動機

(57)【要約】

【目的】 コギングトルクの変動幅を著しく低減可能な、スロット数と磁極数との新規な組み合わせを有した同期電動機を提供する。

【構成】 この同期電動機は、出力軸10を中心に8個の永久磁石12を放射状に配置して、各永久磁石12間に配設したヨーク14により8個の磁極を構成するロータ16と、ロータ16を囲繞する27個のスロット18を有したステータ20とを備える。すなわちこの電動機では、1磁極に対し3.375個のスロットが対向する。ステータ20の各スロット18には、上下2層の巻線22が収容される。そのためステータ20の内周面には、巻線設置用のスロット開口部24が等間隔に形成される。ロータ16の回転時には、スロット開口部24に起因したコギングトルクが、全ての磁極において位相がずれて発生する。したがって、ロータ16が1回転する間に216回のコギングトルクが発生する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 周方向へ所定間隔に配設された複数の永久磁石によって形成される複数の磁極を備え、空隙部を介してステータに対向するロータと、該ロータに対向し、前記磁極の個数の非自然数倍の個数を有する巻線設置用のスロットを備えたステータとを具備した同期電動機において、

前記スロットの個数と前記磁極の個数との比が3.375:1であることを特徴とする同期電動機。

【請求項2】 前記ステータは27個の前記スロットを有し、かつ前記ロータは8個の前記磁極を有する請求項1記載の同期電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、回転の円滑性を改善した同期電動機に関し、特に、ロータに対向するステータ周面に、巻線設置のため必須に形成されたスロット開口部に起因する磁束分布の乱れから、不可避免的に発生するコギングトルクを可及的に低減すべく、ステータのスロット数とロータの磁極数との組み合わせを改善した同期電動機に関する。

【0002】

【従来の技術】同期電動機の回転時には、通常、ステータコアの歯数、すなわち巻線を設置するためにステータコアに必須的に設けたスロットの個数に比例して、トルクむら、いわゆるコギングトルクが発生する。このコギングトルクは、ロータに対向するステータの周面上にスロットの開口部が存在することにより、ロータとステータとの相対移動時にロータの磁極から発生する界磁磁束の磁路が、各開口部を磁極が横切る度に周期的に変化し、ロータとステータとの間の空隙における磁束分布に乱れが生じること起因したものである。

【0003】したがって、このコギングトルクの発生周期及び大きさ(変動幅)はステータコアに設けたスロットの個数に依存している。一般にコギングトルクの発生周期が小さいほどその大きさも小さくなることは周知であり、したがってスロット数を増やすことによりコギングトルクを小さくすることができると考えられる。しかしながらステータコアのスロット数は、ロータが有する磁極の極数、電動機の相数、巻線の分布形態等によって必然的に決められるものであり、また無闇にスロット数を増やすことはステータ構造の複雑化をもたらす。

【0004】3相交流駆動の同期電動機において、ロータにM個の永久磁石を備えたM極電動機に対してステータに単層の巻線を施すためには、少なくとも3M個、もしくはその自然数倍3nM個のスロットが必要となる。3M個のスロットをステータコアに備える場合、ロータの1極に対してそれぞれに各相(U相、V相、W相)の巻線を収容した3個のスロットが対向する。このとき、各相巻線の位相差は互いに電気角120°となってい

る。ロータの1極対に対して1コイルの巻線に流れる電流の極性は正負が逆であり、故にこれら1極対に及ぼされるトルクは同一方向に働くことになる。コギングトルクも同様である。したがって上記構成の場合、コギングトルクはロータ1極対におけるN極とS極とで同期して同一方向へ発生する。そして、その大きさは1つのコギングトルクの2倍となり、全体としてコギングトルクの変動幅は極めて大きなものとなる。この場合、単にスロット数を3nM個に増設するだけでは、コギングトルクの同期性は解消されない。

【0005】そこで、ステータの巻線形態を多層にしてロータの1極に対応するスロット数を非自然数化することにより、ロータの1極対におけるN極とS極とでコギングトルクの発生を規則的にずらし、本来の出力トルクとの間で相互に相殺し合うようにして、ロータ全体としてのコギングトルクの変動幅を低減させた同期電動機が既に提供されている。このような非自然数倍スロット構造を有する同期電動機の一例を図5に示す。

【0006】図5に示した同期電動機は、出力軸1を中心に8個の永久磁石2を放射状に配置して各永久磁石2間に配設した継鉄すなわちヨーク3により8個の磁極を構成するロータ4と、ロータ4を囲繞する36個のスロット5を有したステータ6とを備える。したがってこのモータでは、ロータ4の1極に対し4.5個のスロット5が対応する。各スロット5には上下2層の巻線7が収容され、ロータ4の2極(1極対)に対しては、9個のスロット5内で計18箇所に巻線7が配置されている。したがって、3相の巻線7はいずれもロータ4の2極(1極対)で一巡し、それぞれ3個のコイルを形成する。ロータ4のヨーク3の外周面は、仮にステータ6の内周面にスロット5による開口が無いとした場合に、ロータ4から発生する磁束分布がほぼ正弦波形を呈示するような所定のアーク形状に形成されている。

【0007】このような構造において、実際にロータ4から発生する磁束はスロット5の開口部8に起因して正弦波形に規則的な乱れを生じ、これがコギングトルクとして現れる。この電動機においては、コギングトルクの発生がロータ1極対のN極とS極とで同期せず、スロット5の1/2ピッチ角度ずつ規則的にずれて発生する。故にコギングトルクの発生回数は、1極対分回転する間に18回、ロータ1回転当たりではスロット数の2倍、すなわち72回(電気角20°につき1回)となる。これにより、前述の自然数倍スロット構造に比べて1回当たりのコギングトルクの大きさが縮減されるとともに、コギングトルクと本来の出力トルクとが相殺し合うため、ロータ全体としてのコギングトルクの変動幅が減少する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記の非自然数倍スロット構造を有する電動機は、ロータの1磁極に対向する

スロット数を非自然数化することにより、上記のようにコギングトルクの大きさを全体として低減させることができる。さらに、コギングトルクの発生周期を短くする、すなわちロータ1回転での発生回数を増やすことにより、コギングトルクと出力トルクとの相殺度合いが増加して、ロータ全体としてのコギングトルクの変動幅がさらに減少することがわかる。しかしながら、この非自然数倍スロット構造の電動機におけるスロット数と磁極数との組み合わせは、前述のように巻線の分布形態に拘束される。すなわち、3相交流駆動の同期電動機では、3相平衡起電圧を発生するために、電気的に各相巻線の分布形状が等しく、かつ各相巻線の位相差が互いに電気角 120° であることが必要条件となる。

【0009】したがって、本発明の目的は、上記の制約条件を満たすと同時に、前述の8極36スロット構造よりもさらにコギングトルクの変動幅を低減可能な、スロット数と磁極数との新規な組み合わせを有した同期電動機を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、周方向へ所定間隔に配設された複数の永久磁石によって形成される複数の磁極を備え、空隙部を介してステータに対向するロータと、このロータに対向し、上記磁極の個数の非自然数倍の個数を有する巻線設置用のスロットを備えたステータとを具備した同期電動機において、上記スロットの個数と上記磁極の個数との比が3.375:1であることを特徴とする同期電動機を提供する。

【0011】本発明の好適な実施態様によれば、上記ステータが27個の上記スロットを有し、かつ上記ロータが8個の上記磁極を有する構成が提供される。

【0012】

【作用】スロットの個数と磁極の個数との比を3.375:1に設定すると、スロット数を自然数にするための最小の磁極数は8個となり、このときのスロット数は27個となる。この構造では、機械角に換算した場合、1磁極当たりのピッチ角度は 45° 、他方1スロット当たりのピッチ角度は $(40/3)^\circ$ となり、両者の最小公倍数は 360° （すなわちロータ1回転に相当する）であるから、それぞれの磁極における磁束分布の発生は全て位相がずれることになる。したがって、スロットの開口部に起因するコギングトルクの発生も、全ての磁極において位相がずれることとなり、ロータ1回転当たりのコギングトルクの発生回数は、8と27との最小公倍数である216回（電気角 $(20/3)^\circ$ につき1回）となる。この数字は、スロットの個数と磁極の個数との比が3.375:1であれば、それぞれの個数を上記に限定せずとも同様である。そしてこれは、従来の8極36スロット構造における72回/1回転に比べてかなりの増加であり、これによりコギングトルクと出力トルクと

の相殺度合いが増して、ロータ全体としてのコギングトルクの変動幅は極めて小さくなる。

【0013】

【実施例】以下、添付図面を参照して、本発明をその実施例に基づきさらに詳細に説明する。図1を参照すると、本発明の実施例による同期電動機が断面で示されている。図1の同期電動機は、出力軸10を中心に8個の永久磁石12を放射状に配置して、各永久磁石12間に配設したヨーク14により8個の磁極を構成するロータ16と、ロータ16を囲繞する27個のスロット18を有したステータ20とを備える。すなわちこの電動機は、1磁極に対し3.375個のスロットが対向する非自然数倍スロット構造を有する。

【0014】ステータ20の各スロット18には、上下2層の巻線22が収容される。そのためステータ20の内周面には、巻線設置用のスロット開口部24が等間隔（機械角 $(40/3)^\circ$ ）に形成される。ロータ16の回転時に、このスロット開口部24に起因したコギングトルクが発生する。図1の同期電動機は、相互の位相差が電気角 120° である3相（U相、V相、W相）の巻線22を、各相巻線22の分布形状が電気的に等しくなるように配置する。この巻線配置の一例を図2に示す。なお、図1及び図2において、説明のため各スロット18に（1）～（27）の番号を付す。図2で、各相に付した+/-の符号は、巻線の方向を示す。また、最下段の数字は、1磁極が生じる磁束分布上での電気角による各スロット18の相対位置を示す。

【0015】図2に示したように、ロータ16の1磁極に対するスロット18の配置は、1磁極が生じる磁束分布上で電気角 $(160/3)^\circ$ 毎に配置されている。スロット開口部24に起因するコギングトルクの発生は同様に電気角 $(160/3)^\circ$ 毎であり、その位相はロータ16が1回転したとき、すなわち1磁極が27個のスロット18を通過したとき、ようやく初期状態に戻る。一方、前述のように、8個の磁極（すなわちヨーク14）における磁束分布の発生は全て位相がずれており、スロット開口部24に起因するコギングトルクも、全ての磁極において位相がずれて発生する。したがって、8個の磁極に対しては、ロータ16が1回転する間に、前述のように216回（電気角 $(20/3)^\circ$ につき1回）のコギングトルクが発生する。これにより、従来の8極36スロット構造の同期電動機に比べて、ロータ全体としてのコギングトルクの変動幅を極めて小さくすることができる。

【0016】また、図2に示したように、各相（U相、V相、W相）の巻線22はそれぞれステータ20の9か所で単位コイルを形成する。例えばU相は、スロット番号で（1）と（4）、（5）と（8）、（8）と（11）、（11）と（14）、（15）と（18）、（18）と（21）、（21）と（24）、（22）と（2

5)、及び(25)と(1)、の9組のスロット18において単位コイルが形成される。このように、この配置例では、いずれの単位コイルも4スロットに互る間隔(機械角 40°)で形成されており、外観の美しさが得られるとともに巻線の自動設置を容易にする構成といえる。

【0017】なお、本発明により上記のように8極27スロット構造の同期電動機が提供されたことによって、従来の1極当たり4、5スロットが対向する構造、すなわち6極27スロット構造の同期電動機とのステータコアの兼用が可能となる。この場合は、ステータ20の各スロット18に配置する巻線の分布が8極27スロット構造に対し必然的に変わる。この6極27スロット構造の同期電動機、及びその巻線配置の一例を、それぞれ図3及び図4に示す。図から分かるように、6極27スロット構造の同期電動機では、磁束分布の位相が9スロット毎、すなわち2極毎に初期状態に戻る。したがって、ロータ1回転当たりのコギングトルクの発生回数は、スロット数の2倍の54回となり、コギングトルクの変動幅の比較的小さな電動機となる。このようにして、同一構造のステータコアを2種類の電動機に使用可能とすることは、製造コストの低減に寄与するものである。

【0018】上記の実施例では、同期電動機のロータを、出力軸を中心に放射状に複数の永久磁石を配置し、これらの永久磁石間に配設されたヨークが複数の磁極を構成するものとしたが、これに限定することなく、例えばロータコアの周面上に所定間隔で取着した複数の永久磁石により直接に複数の磁極を構成したロータを有する同期電動機に対しても、本発明を適用可能なことは言う

までもない。

【0019】

【発明の効果】本発明は上記のように、スロットの個数と磁極の個数との比を3.375:1に設定して、スロットの開口部に起因するコギングトルクを、全ての磁極において位相がずれて発生する構成としたから、ロータ1回転当たりのコギングトルクの発生回数が著しく増大し、ロータ全体としてのコギングトルクの変動幅を極めて小さくすることができ、同期電動機の動作精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による同期電動機の断面図である。

【図2】図1の電動機の巻線配置の説明図である。

【図3】図1の電動機のステータを流用可能な他の同期電動機の断面図である。

【図4】図3の電動機の巻線配置の説明図である。

【図5】従来のスロット/磁極比を有する同期電動機の断面図である。

【符号の説明】

10…出力軸

12…永久磁石

14…ヨーク

16…ロータ

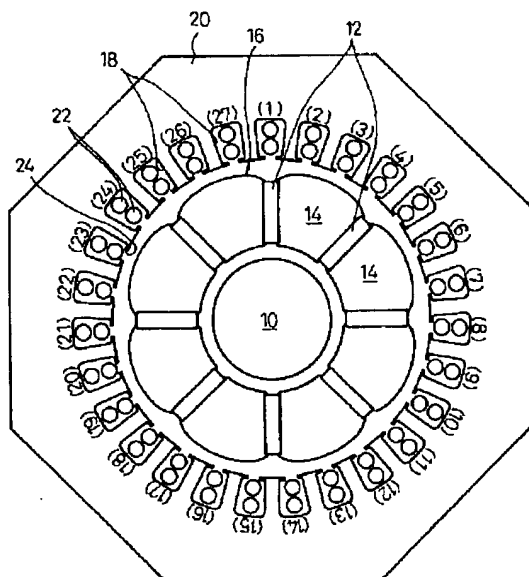
18…スロット

20…ステータ

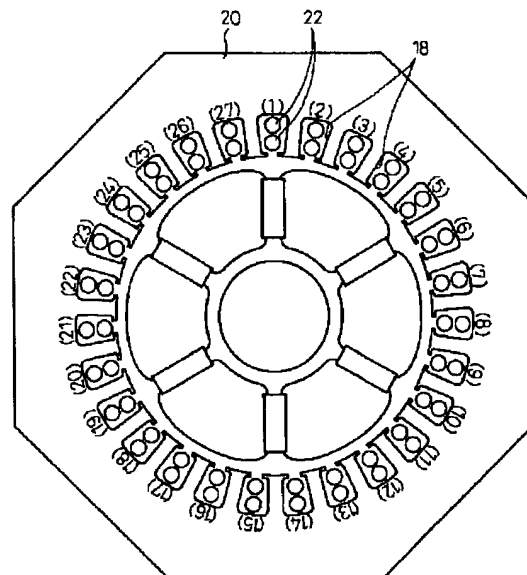
22…巻線

24…スロット開口部

【図1】



【図3】



【図2】

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(+U)	(-W)	(+V)	(+V)	(-U)	(+W)	(-V)	(+U)	(-W)	(+V)	(-U)	(+W)	(+W)	(-V)
(+U)	(-W)	(+V)	(-U)	(+W)	(-V)	(-V)	(+U)	(-W)	(+V)	(-U)	(+W)	(-V)	(+U)
$53\frac{1}{3}^{\circ}$	$106\frac{2}{3}^{\circ}$	160°	$213\frac{1}{3}^{\circ}$	$266\frac{2}{3}^{\circ}$	320°	$13\frac{1}{3}^{\circ}$	$66\frac{2}{3}^{\circ}$	120°	$173\frac{1}{3}^{\circ}$	$226\frac{2}{3}^{\circ}$	280°	$333\frac{1}{3}^{\circ}$	$26\frac{2}{3}^{\circ}$

(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
(+U)	(-W)	(+V)	(-U)	(+W)	(-V)	(+U)	(+U)	(-W)	(+V)	(-U)	(+W)	(-V)
(-W)	(-W)	(+V)	(-U)	(+W)	(-V)	(+U)	(-W)	(+V)	(-U)	(-U)	(+W)	(-V)
80°	$133\frac{1}{3}^{\circ}$	$186\frac{2}{3}^{\circ}$	240°	$293\frac{1}{3}^{\circ}$	$346\frac{2}{3}^{\circ}$	40°	$93\frac{1}{3}^{\circ}$	$146\frac{2}{3}^{\circ}$	200°	$253\frac{1}{3}^{\circ}$	$306\frac{2}{3}^{\circ}$	360°

【図4】

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
$\oplus U$	$\oplus U$	$\ominus W$	$\oplus V$	$\oplus V$	$\ominus U$	$\oplus W$	$\oplus W$	$\ominus V$	$\oplus U$	$\oplus U$	$\ominus W$	$\oplus V$	$\oplus V$
$\oplus U$	$\ominus W$	$\ominus W$	$\oplus V$	$\ominus U$	$\ominus U$	$\oplus W$	$\ominus V$	$\ominus V$	$\oplus U$	$\ominus W$	$\ominus W$	$\oplus V$	$\ominus U$
40°	80°	120°	160°	200°	240°	280°	320°	360°	40°	80°	120°	160°	200°

(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
$\ominus U$	$\oplus W$	$\oplus W$	$\ominus V$	$\oplus U$	$\oplus U$	$\ominus W$	$\oplus V$	$\oplus V$	$\ominus U$	$\oplus W$	$\oplus W$	$\ominus V$
$\ominus U$	$\oplus W$	$\ominus V$	$\ominus V$	$\oplus U$	$\ominus W$	$\ominus W$	$\oplus V$	$\ominus U$	$\ominus U$	$\oplus W$	$\ominus V$	$\ominus V$
240°	280°	320°	360°	40°	80°	120°	160°	200°	240°	280°	320°	360°

(7)

特開平5-161325

【図5】

